第 37 卷 第 1 期 　昆 虫 学 报 　Vol. 37. No. 1
1994 年 2 月 　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA 　Feb., 1994

温度和食物对黑肩绿盲蝽发育、存活和繁殖的影响*

陈建明** 　程家安 　何俊华
(浙江农业大学植保系，杭州 　310029)

摘要 　黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) 取食白背飞虱卵时，其未成熟期的发育速率与温度呈逻辑斯蒂曲线，世代发育起点和有效积温分别为 9.83℃，359.05 日度。在 21—29℃ 时，世代存活率 Y_1，种群内禀增长力 Y_2 和成虫产卵量 Y_3 粒/雌）较高，高低温区均呈下降趋势，各参数与温度 X 的关系方程分别为 $Y_1 = \exp(-3.0031 + 0.5223X - 0.0105X^2)$，$Y_2 = -0.5971 + 0.0535X - 0.0010X^2$，$Y_3 = \exp(-12.0791 + 1.3869X - 0.0278X^2)$。理论上 26℃ 时周限增长率 λ 最大，达 1.1044 倍/天。以褐飞虱卵、白背飞虱卵、褐飞虱低龄若虫和白背飞虱低龄若虫四种食物作为猎物下，黑肩绿盲蝽成虫的产卵量分别为 247.63±74.73、237.25±118.62、196.83±69.08、128.14±81.29 粒/雌，其卵孵化率分别为 59.83、58.26、44.35、46.96%。结果表明，褐飞虱卵是黑肩绿盲蝽发育、存活和繁殖的适宜食物。

关键词 　黑肩绿盲蝽 　温度 　食物 　内禀增长力 　周限增长率

黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) 是东南亚国家、澳大利亚、太平洋群岛水稻产区褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål)、白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horvath) 和黑尾叶蝉 *Nephotettix nigropictus* (Stal) 的重要捕食性天敌。国内外学者已对该虫的生物学特性、田间种群消长动态、捕食作用、化学农药的毒性等方面进行大量试验，但各种试验的食物均为褐飞虱卵，尚未见以白背飞虱卵和稻飞虱低龄若虫为食物的种群生物学特性研究。近年来，随着感白背飞虱杂交稻品种种植面积的不断扩大，白背飞虱种群上升，已成为稻田的主要害虫。为了更好地评价黑肩绿盲蝽对白背飞虱的控制作用，作者以白背飞虱卵为食物研究温度对黑肩绿盲蝽发育、存活和繁殖的影响。同时，比较了白背飞虱卵、褐飞虱卵、白背飞虱低龄若虫、褐飞虱低龄若虫四种食物对其的影响。

材 料 与 方 法

黑肩绿盲蝽成虫采自田间，以广陆矮 4 号分蘖期稻苗为产卵寄主，用木村 B 营养液维持水稻生长 (Yoshida. 等，1976)。供试食物为白背飞虱卵、褐飞虱卵、白背飞虱低龄若虫(1、2龄)和褐飞虱低龄若虫(1、2 龄)。置于恒温生化培养箱中，控制温度为 17℃、21℃、25℃、29℃、33℃，温度变化为±0.5℃，光照时间 16L:8D。

卵期： 将田间采回的黑肩绿盲蝽成虫，接入放有稻苗的 11×40cm 玻璃筒中产卵(在 25℃下)。每日统计卵数，然后移至 1.8 × 18cm 试管保湿，置于各供试温度条件下，观察

本文于 1991 年 6 月收到。
* 国家自然科学基金资助项目。
** 现在浙江省农科院植保所工作。

卵期和卵孵化率。

若虫期：温度试验时，取原温度中孵化的若虫 30 头，单虫饲养于 2.5 × 17.5cm 养虫管中，均饲以白背飞虱卵。食物试验时，取 25℃ 中刚孵化的若虫，1—2 龄期以飞虱卵为食，单虫饲养，3 龄起，再用上述四种食物分别饲养，各处理 30 头均在 25℃ 条件下饲养。每日更换一次食物，并记载脱皮、羽化时间和若虫历期等。

成虫期：羽化后即雌雄配对饲养于养虫管中，每日更换食物，并观察交尾、产卵和寿命等。

实验所得数据按项目进行方差分析（ANOVA）、t 检验、邓肯氏新复极差（SSR 法）及多重比较（DNMRT）并对生殖力实验，组建成生殖力生命表。计算在 IBM-PC 上进行。

结 果

1. 温度对黑肩绿盲蝽发育的影响

黑肩绿盲蝽未成熟期的发育历期随温度升高而缩短。若虫除在 33℃ 下只有 4 个龄期外，在其他温度下均为 5 个龄期(表 1)。在供试温度条件下发育速率与温度间呈逻辑斯蒂曲线(图 1)。采用李典谟等(1986)方法，求得各发育阶段的发育起点温度（℃）和有效积温（K）分别为：卵期：9.76℃ 和 136.84 日度；若虫期：10.16℃ 和 187.69 日度；全世代：9.83℃ 和 359.05 日度。同一温度下，雌雄成虫寿命无显著差异，但在 17℃ 雌成虫寿命显著短于雄虫。

表 1 不同恒温下黑肩绿盲蝽的发育历期

虫态 \ 历期（天） \ 温度（℃）		17	21	25	29	33
卵期		18.34±1.15(67)	12.62±1.44(52)	7.69±1.13(128)	8.14±0.89(66)	5.85±0.58(34)
若虫期	1 龄	5.59±0.88(16)	5.00±1.08(16)	3.16±0.61(19)	2.35±0.61(26)	2.38±0.52(16)
	2 龄	4.79±1.38(14)	2.86±0.92(16)	2.28±0.98(18)	2.27±0.46(26)	2.13±0.52(16)
	3 龄	4.36±0.94(14)	3.08±1.00(12)	1.75±0.44(16)	1.79±0.58(23)	2.00±0.83(13)
	4 龄	4.54±0.65(13)	4.27±1.19(11)	2.21±0.71(14)	2.17±0.64(18)	2.5±0.76(8)
	5 龄	7.42±0.90(12)	5.00±0.76(8)	3.10±0.32(10)	3.09±0.83(11)	—
	全历期	26.67±1.43(12)	18.5±1.63(12)	11.62±0.76(13)	10.29±0.58(17)	8.27±0.99(11)
成虫期	♀	13.86±4.44(7)	27.83±8.87(6)	19.25±9.00(4)	15.86±5.08(7)	10.83±4.36(6)
	♂	24.50±7.62(6)	24.43±17.78(7)	18.33±11.88(9)	16.57±7.28(7)	10.17±9.46(6)
	平均	18.77±8.04(13)	26.00±13.92(13)	18.62±10.71(13)	16.21±6.02(14)	10.50±7.66(12)
	产卵前期	4.86±1.46(7)	3.20±0.49(6)	1.00±0.00(4)	2.22±0.98(7)	1.83±0.76(6)
全世代		49.00±1.46(7)	33.40±1.52(6)	19.75±0.50(4)	21.14±1.06(7)	15.83±1.59(6)

注：表中数字：平均值±标准差(样本数)。

2. 温度对存活的影响

从表 2 中看出，在 17—33℃ 范围内卵孵化率和若虫存活率呈抛物线趋势。

图 2 综合了不同温度对黑肩绿盲蝽各虫态(从卵到成虫羽化)存活率的影响。这些存

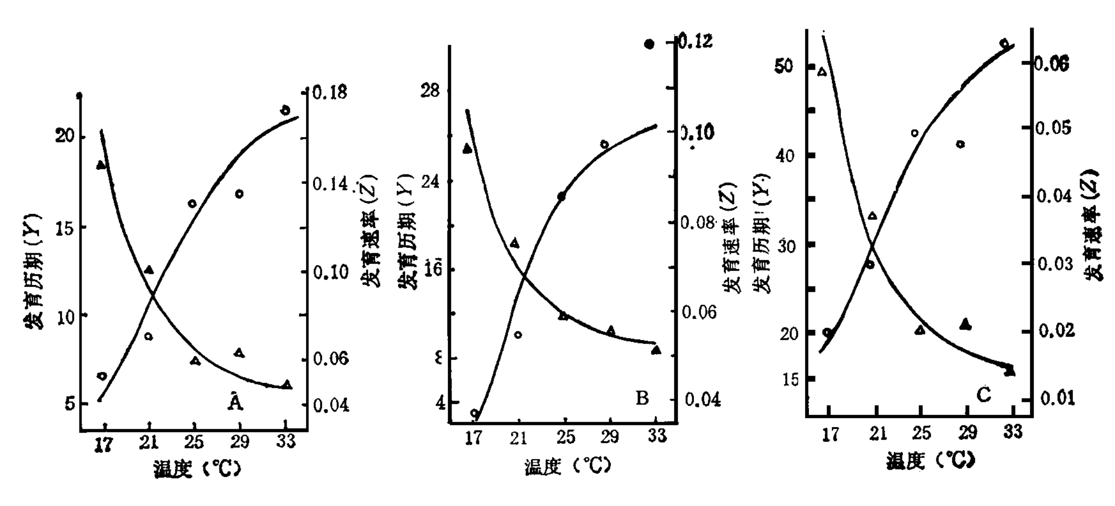


图 1　黑肩绿盲蝽发育历期和发育速率与温度的关系

△—△ 发育历期 (Y)　○—○ 发育速率 (Z)

A. 卵期　$Y = \frac{1 + \exp(4.7940 - 0.2247T)}{0.1829}$　$Z = \frac{0.1829}{1 + \exp(4.7940 - 0.2247)}$

B. 若虫期　$Y = \frac{1 + \exp(6.5973 - 0.3406T)}{0.1001}$　$Z = \frac{0.1001}{1 + \exp(6.5973 - 0.3406T)}$

C. 全世代　$Y = \frac{1 + \exp(4.8304 - 0.2281T)}{0.0658}$　$Z = \frac{0.0658}{1 + \exp(4.8304 - 0.2281T)}$

表 2　不同恒温下黑肩绿盲蝽卵孵化率和若虫存活率

温度(℃)	17	21	25	29	33
卵孵化率(%)	51.18±19.07(7)	52.73±20.99(7)	64.95±17.13(5)	68.37±7.50(4)	37.94±11.37(4)
若虫存活率(%)	40.00	40.00	56.67	56.67	36.67

活曲线表明，各温度下的存活率主要表现在低龄阶段(1、2 龄若虫期)，尤其在 1 龄若虫阶段。29℃下，存活率最高，其次为 25℃，33℃ 下的存活率最低。除在 29℃ 条件下以外，其他各温度下的存活曲线均为 III 型，这表明黑肩绿盲蝽低龄若虫的抗逆力较弱。

3. 温度对成虫繁殖的影响

温度对黑肩绿盲蝽成虫产卵量有很大影响(表 3)，其关系方程为：

$$Y = \exp(-12.0791 + 1.3869X - 0.0278X^2) \quad r^2 = 0.9466^{**}$$

式中：Y 为每雌平均产卵量(粒)，X 为温度(℃)。令 $\frac{d\ln Y}{dX} = 0$ 得 $X = 24.94$℃，代入上式，得 $Y = 184.65$ (粒)，即在产卵最适温度 24.94℃ 时，理论上每雌最大产卵量为 184.65 粒。从表 3 还可以看出，产卵量、产卵期的变异系数均较大，表明成虫个体间差异较大。

各温度下的每日每雌产雌数 (m_x) 曲线很不规则，一般有 2—3 个主峰。随温度升高，成虫初始产卵时间和产卵高峰期的时间提早。从主峰值 (m_x) 大小看，29℃、25℃ 大

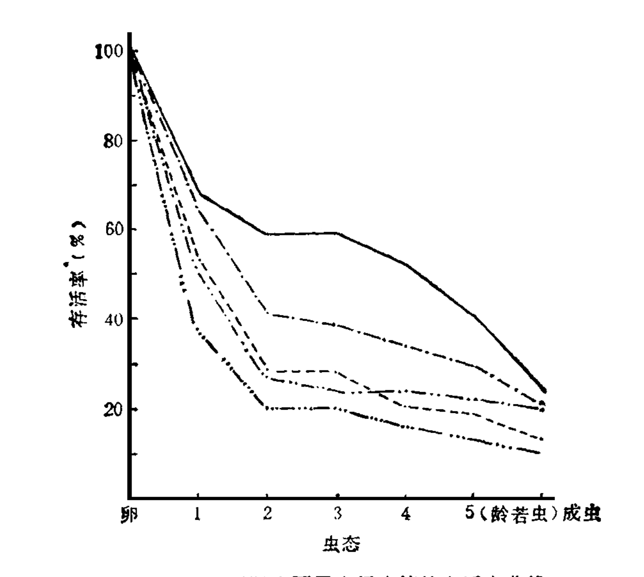


图 2 不同温度下黑肩绿盲蝽的存活率曲线
——29℃ —·—·—25℃ —··—··—17℃ ————21℃ —···—···—33℃

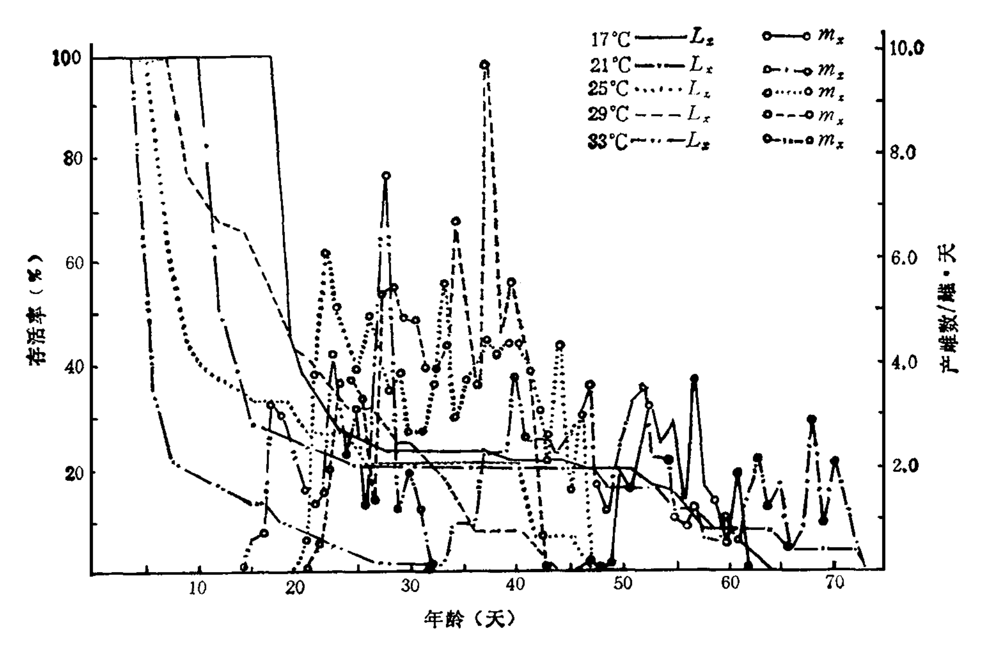


图 3 黑肩绿盲蝽在不同温度下的年龄特征存活率和年龄特征生殖率

于 21℃、33℃、17℃(图 3)。

4. 内禀增长力

根据 Andrewartha 等(1954)的方法组建各温度下的黑肩绿盲蝽生殖力生命表，按

$$R_0 = \sum L_x M_x \quad T = \sum X L_x M_x / R_0 \quad r_m = \ln R_0 / T$$

求得内禀增长力 r_m 的近似值后，由 $\sum \exp(-r_m X) L_x M_x = 1$

表 3　不同温度下黑肩绿盲蝽雌成虫产卵情况

温度(℃)	每雌成虫产卵量			成虫产卵期		
	$\bar{X}$	S	$C.V.$	$\bar{X}$	S	$C.V$
17	31.29	22.25	71.11	8.0	5.03	62.92
21	120.55	42.43	35.21	24.0	8.92	37.17
25	237.25	118.62	50.00	18.0	9.49	52.70
29	89.43	61.24	68.48	13.1	4.87	31.13
33	35.00	33.47	95.62	8.0	4.15	51.84

注：变异系数 $C.V. = \frac{标准差\ S}{平均数\ \bar{X}}$。

表 4　温度对黑肩绿盲蝽种群参数的影响

温度(℃)	17	21	25	29	33
R_0	3.63	10.91	20.13	16.43	2.41
T	53.86	45.24	28.24	28.37	20.45
r_m	0.02	0.05	0.11	0.10	0.04
λ	1.02	1.05	1.11	1.10	1.04
p.d.t.	28.94	13.08	6.52	7.03	16.11

表 5　食物对黑肩绿盲蝽若虫历期和成虫寿命的影响

虫态 食物	若虫历期(天)	成虫寿命(天)		
		♀	♂	平均
白背飞虱卵	11.62±0.76(13)a	19.25±9.0(4)a	18.33±11.88(9)a	18.62±10.71(13)a
褐飞虱卵	11.11±0.13(18)a	23.86±4.89(8)a	24.42±10.16(7)a	24.13±7.51(15)a
白背飞虱低龄若虫(1、2龄)	11.60±0.19(15)a	20.0±8.03(8)a	23.70±10.78(10)a	22.18±9.63(18)a
褐飞虱低龄若虫(1、2龄)	11.36±0.19(14)a	25.83±9.16(6)a	26.25±8.77(8)a	26.07±8.61(14)a

注：每列中标有相同字母值之间差异不显著(邓肯氏新复极差法，小写字母 $P<0.05$)。

用迭代法求得 r_m 的精确值及

$$\lambda = \exp(r_m) \quad \text{p.d.t.} = \ln 2/r_m \quad T = \ln R_0/r_m$$

求得周限增长率 λ，种群翻番时间 p.d.t. 及精确的世代历期 T 等种群参数：

各温度下的种群参数列于表 4。

由表 4 可见，R_0、r_m、λ 随温度上升逐渐增大，达一定温度后又逐渐下降。由于 λ 比 r_m 更直观，故以 λ 与温度(X)的关系方程 $\lambda = 0.3608 + 0.0572X - 0.0011X^2$　$r^2 = 0.8661^*$ 求导得最适温度为 26.00℃；在此温度下，黑肩绿盲蝽实验种群理论上将以每日 1.1044 倍的最大速度增长。

5. 食物对发育、存活和繁殖的影响

发育历期：四种供试食物对若虫期和成虫寿命均无显著差异(表 5)。其原因可能是若虫只需取食少量食物就能完成若虫期，成虫有一定的耐饥饿习性。

产卵：以飞虱卵为食物条件的黑肩绿盲蝽，成虫产卵量显著高于以飞虱低龄若虫为食物的产卵量，其中取食褐飞虱卵，每雌平均产卵量最高，达 247.63±74.73 粒。但各食物处理间，产卵前期和产卵期无显著差异(表 6)。

表 6 食物对黑肩绿盲蝽成虫产卵量、卵孵化率和若虫存活率的影响

食物 \ 项目	产卵前期(天)	产卵量(粒/♀)	产卵期(天)	卵历期(天)	卵孵化率(%)	若虫存活率(%)
白背飞虱卵	1.00±0.00(4)a	237.25±118.62(4)AB	18.00±9.48(4)a	7.28±0.79(815)a	58.26	56.67
褐飞虱卵	1.25±0.54(8)a	247.63±74.73(8)A	22.38±4.81(8)a	7.36±0.88(1272)a	59.83	60.00
白背飞虱低龄若虫(1、2龄)	1.45±0.71(8)a	128.14±81.29(8)C	17.57±8.46(8)a	7.21±1.09(410)a	46.96	50.00
褐飞虱低龄若虫(1、2龄)	1.60±0.61(6)a	196.83±69.08(6)ABC	23.67±9.41(6)a	7.27±0.97(495)a	44.35	46.67

注：1.同一列相同字母无显著差异(小写字母 $P<0.05$，大写字母，$P<0.01$，ANOVA)。

四种食物下的每日每雌产雌数曲线很不规则，有 2—3 个主峰。以褐飞虱卵和白背飞虱卵为食时，产卵高峰期到来早，峰值高。 从主峰值看，褐飞虱卵为食物时最高，达 8.39 (图 4)。

卵孵化率和卵历期：以褐飞虱卵、白背飞虱卵为食物条件下，黑肩绿盲蝽所产卵的孵化率，显著高于以白背飞虱低龄若虫为食物的(表 6)。

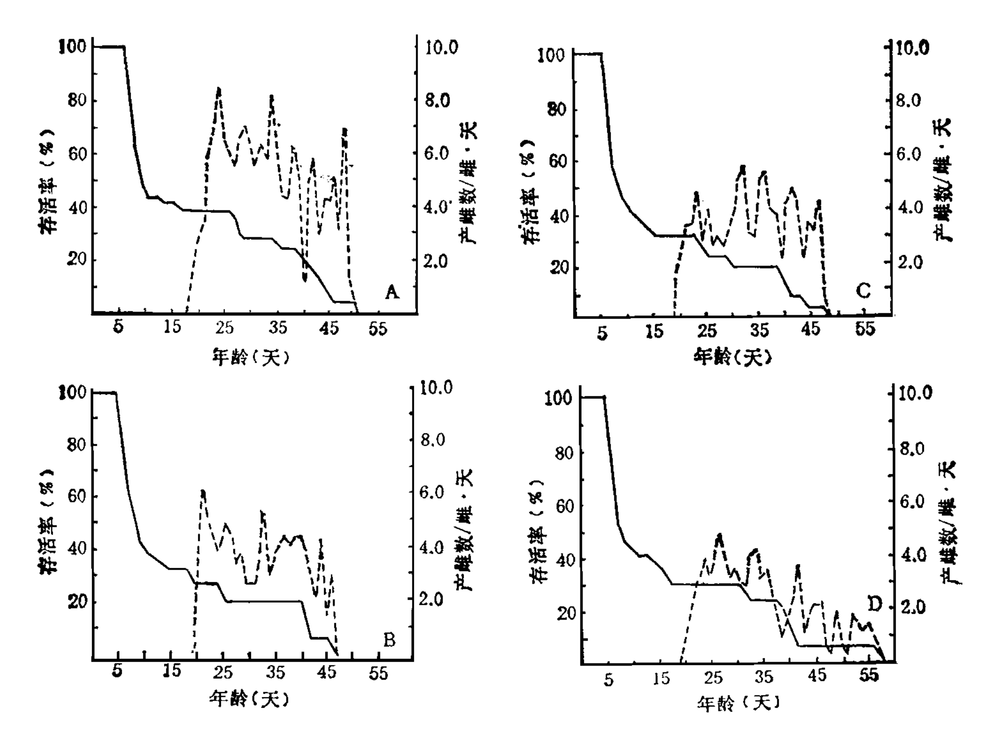


图 4 黑肩绿盲蝽在不同食物条件下的年龄特征存活率和年龄特征生殖率

——存活率 (l_x) ------生殖力 (m_x)

A. 褐飞虱卵 B. 白背飞虱卵 C. 白背飞虱低龄若虫 D. 褐飞虱低龄若虫

若虫存活率：从表 6 中看出，褐飞虱卵为食物时，黑肩绿盲蝽若虫存活率最高，达 60.0%。最低是褐飞虱低龄若虫，为 46.67%。

食物对存活、繁殖的影响最终表现在综合性的 r_m，λ 和 p.d.t. 上。

表 7　食物对黑肩绿盲蝽种群参数的影响

种群参数 / 食物	R	T	r_m	λ	p.d.t.
白背飞虱卵	20.13	28.24	0.11	1.11	6.52
褐飞虱卵	39.43	27.29	0.13	1.14	5.15
白背飞虱低龄若虫(1、2龄)	18.99	28.57	0.10	1.11	6.73
褐飞虱低龄若虫(1、2龄)	18.94	28.40	0.10	1.11	6.69

由表 7 可知，褐飞虱卵为食物时，黑肩绿盲蝽的 r_m，λ 和 p.d.t. 分别为 0.13，1.14 和 27.29。因此，以褐飞虱卵为食物时，黑肩绿盲蝽种群增长速率提高，世代历期缩短，有利于黑肩绿育蝽种群发展。

讨　　论

黑肩绿盲蝽不仅可捕食飞虱卵，还可捕食飞虱低龄若虫，它是稻飞虱的一种重要捕食性天敌，了解温度和食物因子对其发育、存活和繁殖的影响，有助于更好地评价和利用黑肩绿盲蝽对稻飞虱的控制作用。　研究结果表明，黑肩绿盲蝽发育和繁殖的最适宜温度为 26℃ 左右，在 21—29℃ 时，世代存活率，种群内禀增长力和成虫产卵量较高。

本文试验结果与冯炳灿等（1985）的白背飞虱种群参数比较，可以发现，当温度低于 22.5℃ 左右时，黑肩绿盲蝽的净增殖率接近或略高于白背飞虱，高于此温度，则相反；在温度低于 25℃ 左右时，黑肩绿盲蝽的内禀增长率略高于白背飞虱，温度再升高，则相反；在供试的各温度(除 33℃ 外)下，黑肩绿盲蝽的世代平均历期短于白背飞虱。这说明在温度低于 25℃ 下黑肩绿盲蝽对白背飞虱有一定的控制作用潜力。

黑肩绿盲蝽不仅可取食飞虱卵；也可捕食若虫，对于保持种群增长，尤其是在前期飞虱种群数量较低时有重要意义。但是，从不同食物对其种群增长影响的试验结果来看，以褐飞虱卵为食时，种群净增殖力几乎是其他食料的 1 倍。在长江流域地区，褐飞虱不能在当地越冬，稻田飞虱种群的增长是白背飞虱高峰出现在前，褐飞虱高峰出现在后，因而，黑肩绿盲蝽发现和取食白背飞虱卵的概率高于褐飞虱；按食物来源分析，前期种群增长速率慢，中后期快。如 1988 年观察圃上资料分析，黑肩绿盲蝽增长倍数：7 月至 8 月为 2.73 倍，8 月至 9 月为 10.89 倍，9 月至 10 月为 0.95 倍。飞虱增长倍数则分别为 0.11，1.91，0.71 倍。尽管后期气温低，食料中褐飞虱卵机会增多，黑肩绿盲蝽增长速率加快，但通常此时稻飞虱种群已建立起较高的基础种群密度，另外黑肩绿盲蝽有较高的捕食能力，每天的最大捕食量为 49.26（粒/♀），38.69（粒/♂）(陈建明等，1993)，但单独依靠黑肩绿盲蝽当不足以控制稻飞虱种群数量增长和为害。因而，如何迅速发挥黑肩绿盲蝽的控制作用

和其它天敌的综合控制作用，以便利用天敌控制稻飞虱的为害，是一个值得继续深入研究的课题。

参 考 文 献

冯炳灿、黄次伟等 1985 温度对白背飞虱种群增长的影响。昆虫学报 **28**(4): 390—397。

李典谟、王莽莽 1986 快速估计发育起点温度及有效积温法的研究。昆虫知识 **23**(4): 184—187。

陈建明、程家安等 1993 黑肩绿盲蝽对白背飞虱卵的功能反应和干扰反应。浙江农业大学学报 **19** (1): 117。

Andrewartha, H. G. & L. C. Birch 1954 The distribution and Abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago.

Chua, T. H. & E. Mikil 1989 Effects of prey number and stage on the biology of *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae), a predator of *Nilaparvata lugens* (Stal) (Homoptera: Delphacidae). *Environ. Entomol.* 18(2):251—255.

Yoshida, S., D. A. Forno, J.H. Cook & K. A. Gomerz 1976 Laboratory manual for physiological studies of rice, IRRI.

EFFECTS OF TEMPERATURE AND FOOD ON THE DEVELOPMENT, SURVIVAL AND REPRODUCTION OF *CYRTORHINUS LIVIDIPENNIS* (REUTER)

CHEN JIAN-MING* CHENG JIA-AN HE JUN-HUA

(*Department of Plant protection, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou*, 310029)

The developmental rate, survival and age-specific fecundity of *Cyrtorhinus lividipennis* (REUTER), an important egg predator of the rice planthoppers, fed on eggs of white-backed planthopper (*Sogatella furcifera* Horvath), were determined under various constant temperatures from 17℃—33℃ and with different food. The developmental rate curve of this predator is in the shape of a sigmoid. The developmental threshold and thermal constant were estimated to be 9.83℃ and 359.05 day-degree, respectively. The generation survival (Y_1), the intrinsic rate of capacity of increase(Y_2) and the total eggs laid per female (Y_3)were higher at 21℃--29℃, which can be described by following equations, $Y_1 = \exp(-3.0031 + 0.5223X - 0.0105X^2)$, $Y_2 = -0.5971 + 0.0535X - 0.0010X^2$, and $Y_3 = \exp(-12.0791 + 1.3869X - 0.0278X^2)$, where X is the temperature in ℃. The optimum temperature for the population growth is 26.00℃ with a maximum finite rate of increase of 1.1044.

On average, the number of eggs laid per female are 247.63±74.73, 237.25±18.62, 196.83±69.08 and 128.14±81.29, when fed with BPH egg, WBPH egg, BPH young nymph and WBPH young nymph, respectively. However, the developmental rate and longevity are not significantly affected by these prey. Egg hatchability is 59.83, 58.26, 44.35, and 46.96, respectively. Therefore, BPH egg is the best food of *Cyrtorhinus lividipennis*.

Key words *Cyrtorhinus lividipennis*——temperature——food——intrinsic rate of capacity of increase——finite rate of increase

* Institute of Plant Protection, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021